

(C) WPI / DERWENT

AN - 2002-564237 [60]

AP - NL20001015956 20000818

CPY - UYDE-N

DC - L03 V04 W01 X16

FS - CPI;EPI

IC - H01M2/10 ; H01M4/38 ; H01M10/40 ; H01M10/46 ; H05K1/16

IN - KAN S Y

MC - L03-E01B L03-H03

- V04-Q04 W01-C01D3C W01-C01E5B X16-B01F X16-E01C X16-F06 X16-G

PA - (UYDE-N) UNIV DELFT TECH

PN - NL1015956C C2 20020219 DW200260 H01M4/38 014pp

PR - NL20001015956 20000818

XA - C2002-159927

XIC - H01M-002/10 ; H01M-004/38 ; H01M-010/40 ; H01M-010/46 ; H05K-001/16

XP - N2002-446527

AB - NL1015956 NOVELTY - The anode (2) contains silicon.

- DETAILED DESCRIPTION - A battery with a silicon-containing anode is claimed. An INDEPENDENT CLAIM is also included for a method used to make the battery, comprising the doping of a silicon substrate (1) with charge capacity-increasing material (preferably boron, phosphorous or arsenic), etching the doped substrate layer in order to increase its porosity, and applying a cathode (3) in the form of a lithium oxide compound onto the resulting anode and applying an electrolyte (4) to the anode-facing side of the cathode.

- USE - For portable devices such as mobile phones or portable radios.

- ADVANTAGE - The battery is lightweight and is not as potentially harmful to the environment as a nickel-cadmium (Nicaid) battery.

- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - Figure 1b shows a cross-section of the battery (drawing includes non-English language text).

- Silicon substrate 1

- Anode 2

- Cathode 3

- Electrolyte 4

- (Dwg. 1b/4)

IW - BATTERY PORTABLE DEVICE ANODE CONTAIN SILICON

IKW - BATTERY PORTABLE DEVICE ANODE CONTAIN SILICON

INW - KAN S Y

NC - 001

OPD - 2000-08-18

ORD - 2002-02-19

PAW - (UYDE-N) UNIV DELFT TECH

TI - Battery, especially for portable devices, has an anode containing silicon

19



Bureau voor de  
Industriële Eigendom  
Nederland

11 1015956

12 C OCTROOI<sup>20</sup>

21 Aanvraag om octrooi: 1015956

22 Ingediend: 18.08.2000

51 Int.Cl.7  
H01M4/38, H01M10/40, H05K1/16,  
H01M10/46, H01M2/10

41 Ingeschreven:  
19.02.2002

47 Dagtekening:  
19.02.2002

45 Uitgegeven:  
01.05.2002 I.E. 2002/05

73 Octrooihouder(s):  
Technische Universiteit Delft te Delft.

72 Uitvinder(s):  
Sloe Yao Kan te Berkel en Rodenrijs

74 Gemachtigde:  
Drs. A. Kupecz c.s. te 1000 HB Amsterdam.

54 Batterij en werkwijze voor het vervaardigen van een dergelijke batterij.

57 De uitvinding heeft betrekking op een anode, een kathode en een elektrolyt die tussen de anode en de kathode is opgenomen. De anode is siliciumhoudend en omvat in hoofdzaak silicium. De kathode is lithiumhoudend en omvat in hoofdzaak een oxide van een lithiumpmetaalverbinding, bij voorbeeld  $\text{Li-Co}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  of  $\text{LiNiO}_2$ . De elektrolyt is een vaste stof elektrolyt of een in een polymeer opgenomen vloeibare elektrolyt.

NL C 1015956

De inhoud van dit octrooi komt overeen met de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekeningen.

## Batterij en werkwijze voor het vervaardigen van een dergelijke batterij

De uitvinding heeft ten eerste betrekking op een batterij welke voorzien is van een anode, een kathode en een elektrolyt die tussen de anode en de kathode is opgenomen. Een degelijke batterij is sinds jaar en dag bekend.

5 De uitvinding heeft verder betrekking op een werkwijze voor het vervaardigen van een dergelijke batterij. De bekende batterij is bijvoorbeeld uitgevoerd met een vloeibaar elektrolyt en elektroden van koper en lood. Een dergelijke batterij is zwaar en niet geschikt voor gebruik bij mobiel te  
10 gebruiken apparatuur, zoals mobiele telefoons, draagbare radio's, en dergelijke. Bovendien zijn er milieubezwaren. Een andere bekende batterij welke behept is met milieubezwaren, is de nikkelcadmium batterij.

De uitvinding beoogt te voorzien in een batterij en  
15 in een werkwijze voor de vervaardiging daarvan, waarbij deze milieubezwaren zijn teruggedrongen, en welke batterij bovendien zeer geschikt is voor gebruik met allerhande apparatuur binnen- en buitenshuis.

De batterij volgens de uitvinding is er in een eerste  
20 ste aspect door gekenmerkt dat de anode siliciumhoudend is. Voor de anode kan bijvoorbeeld siliciumcarbide worden toegepast of een ander materiaal dat elektrisch geleidend is op halfgeleiderbasis. Het heeft daarbij de voorkeur dat de anode in hoofdzaak silicium omvat.

25 De batterij laat zich bij voorkeur geschikt realiseren in de uitvoering waarin de kathode lithiumhoudend is. Daartoe wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van een kathode die in hoofdzaak een oxide van een lithiumpmetaalverbinding omvat, bijvoorbeeld  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  of  $\text{LiNiO}_2$ .

30 De uitvinding is tevens belichaamd in een werkwijze voor het vervaardigen van deze batterij, die gekenmerkt is door de volgende stappen:

a) doteren van een siliciumsubstraat met een ladingdragerverhogend materiaal, bij voorkeur borium, fosfor of ar-

senicum;

b) etsen van de gedoteerde laag van het siliciumsubstraat voor het verhogen van de porositeit daarvan;

c) op de na de stappen a) en b) verkregen anode aanbrengen van een kathode gevormd door een oxide van een lithiummetaalverbinding waarop, aan een naar de anode gerichte zijde, een elektrolyt is aangebracht.

Het is daarbij wenselijk dat de batterij zo is uitgevoerd dat de elektrolyt een vaste stof elektrolyt of een in een polymeer opgenomen vloeibare elektrolyt is.

Het is verder gewenst dat de batterij is gevormd op een halfgeleidersubstraat, bijvoorbeeld een siliciumsubstraat. Dit biedt het voordeel dat het substraat kan zijn uitgevoerd met daarin opgenomen elektronische schakelingen voor beveiliging en/of regeling van de batterij.

Verder is het voordelig wanneer de batterij is gecombineerd met een zonnecel. Op deze wijze kan de batterij, wanneer de lichtomstandigheden voldoende zijn, automatisch worden opgeladen, een en ander onder besturing van de in het halfgeleidersubstraat opgenomen elektronische schakelingen. Een batterij met een dergelijke zonnecel is bij voorkeur in siliciumtechniek uitgevoerd, en wordt bij voorkeur zo vervaardigd dat het oxide van de kathode voor het uitvoeren van stap c) is aangebracht op een siliciumzonnecel.

Het samenstel van batterij en zonnecel kan zeer plat zijn uitgevoerd, bijvoorbeeld met een dikte minder dan 1 mm. Dit maakt een dergelijk samenstel van batterij en zonnecel zeer geschikt voor toepassing in handzame apparaten, zoals bijvoorbeeld mobiele telefoons.

Ter optimalisatie van het rendement van de zonnecel is het verder wenselijk dat in het lichtvangend oppervlak van de zonnecel microscopisch kleine putten zijn aangebracht.

De uitvinding zal nu nader worden toegelicht aan de hand van de tekening, welke

in fig. 1A t/m 1C de batterij volgens de uitvinding in respectievelijk een perspectivisch doorsnede-aanzicht volgens de lijn A-A' in fig. 1A en in doorsnede volgens de lijn B-B' in fig. 1A toont; en

in fig. 2 schematisch de stappen in het vervaardigen van een batterij volgens de uitvinding toont.

De fig. 1A t/m 1C tonen de batterij volgens de uitvinding die voorzien is van een anode 2 en kathode 3 die met  
 5 dunne of dikke filmtechniek op een halfgeleidersubstraat 1, bij voorkeur van silicium, kunnen zijn aangebracht. Tussen de anode 2 en kathode 3 is een elektrolyt 4 aangebracht. Deze elektrolyt 4 kan bestaan uit een vaste stof elektrolytlaag of een poreuze laag waarin een vloeibaar elektrolyt is opgeno-  
 10 men. Door de toepassing van het halfgeleidersubstraat 1 kan daarin een elektronische schakeling zijn opgenomen die dient voor beveiliging en/of regeling van de batterij. In het getoonde geval is de batterij overigens samengebouwd met een siliciumplak, waarbij op de plak silicium een laag isolerend  
 15 siliciumoxide is aangebracht. Dit is echter niet de enige mogelijke uitvoeringsvorm. Ook denkbaar is om de siliciumplak zelf als anode of kathode te laten fungeren. Voor het elektrisch contact tussen de elektroden van de batterij en de schakeling die in het siliciumsubstraat is opgenomen, kan ge-  
 20 bruik gemaakt worden van op zichzelf bekende dunne of dikke filmsporen of naar behoefte in het substraat gedoteerde of gediffundeerde banen. Bij voorkeur is de batterij uitgevoerd met een siliciumhoudende anode, bijvoorbeeld een anode van siliciumcarbide. De voorkeur geniet echter dat de anode in  
 25 hoofdzaak silicium omvat. Voor de kathode dient bij voorkeur een lithiumhoudend materiaal te worden genomen, en bij voorkeur een oxide van een lithiummetaalverbinding, zoals  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  of  $\text{LiNiO}_2$ .

Een alternatieve uitvoeringsvorm van de batterij zal  
 30 in het navolgende worden toegelicht aan de hand van een werkwijze voor de vervaardiging van een dergelijke batterij, zoals deze door de uitvinding is voorgesteld. Hiertoe wordt verwezen naar fig. 2.

Fig. 2 toont met verwijzingscijfer 1 een silicium-  
 35 substraat waarvan het bovenoppervlak wordt gedoteerd met bij voorkeur een der elementen borium, fosfor of arsenicum. Dit bovenoppervlak 2 wordt vervolgens met een op zichzelf bekende elektrochemische etsmethode bewerkt ter verkrijging van een

zekere poreusiteit. De aldus gevormde toplaag van het substraat 1 gaat dienen als anode van de batterij, en is met voordien in het substraat 1 ondergebrachte elektronica gekoppeld met behulp van daartoe dienende geleidende banen. De onderhavige batterij kan tevens worden samengesteld met een zonnecel 4. Aan de onderzijde van de zonnecel 4 wordt daartoe kathodemateriaal 3 aangebracht. Dit kathodemateriaal is een oxide van lithium verbonden met een overgangsmetaal, bijvoorbeeld  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  of  $\text{LiNiO}_2$ . Dit materiaal wordt als pasta op de onderkant van de zonnecel 4 aangebracht. Voordat de zonnecel 4 met de daaronder aangebrachte kathode 3 op het substraat 1 wordt gemonteerd, wordt bovenop de anodevormende toplaag 2 van het substraat 1, een elektrolyt 5, bijvoorbeeld een vaste elektrolyt of een polymeer waarin elektrolytmateriaal is opgenomen, aangebracht. De pasta van het kathodemateriaal 3 kan tengevolge van de plaatsing van de zonnecel 4 op het substraat 1 vervolgens zich in de breedterichting verspreiden, zodat een gelijkmatig contact met het elektrolyt 5 ontstaat, terwijl dit elektrolyt 5 ten dele ook in de poriën van de anode 2 kan doordringen. Voor de elektrische verbinding van de zonnecel 4 met het substraat 1 respectievelijk de batterij zelve kunnen tinbolletjes 6 dienen. Voor de zonnecel 4 kan gebruik gemaakt worden van een zonnecel die is vervaardigd volgens standaard halfgeleider IC-technieken. Het oppervlak van de zonnecel 4 dat licht ontvangend is, kan bijvoorbeeld met een veeltal door middel van een elektrochemisch etsproces aangebrachte minuscule putten van circa 1 bij 3  $\mu\text{m}$  zijn voorzien. Hiermee wordt een vergaande vergroting van het effectieve lichtvangende oppervlak gerealiseerd, hetgeen gunstig uitwerkt op het rendement van de zonnecel 4. Doordat de zonnecel 4 in halfgeleider siliciumtechnologie is vervaardigd, heeft bovendien de siliciumoxidelaag aan de buitenzijde een lenswerking, die het lichtvangend vermogen van de zonnecel vergroot.

Voor de vakman is duidelijk dat de hiervoor gegeven toelichting slechts een voorbeeld betreft en niet beperkend mag worden opgevat ten aanzien van de aan de uitvinding toe-komende uitsluitende rechten. De beschermingsomvang die aan

de uitvinding toekomt wordt uitsluitend bepaald door de navolgende conclusies.

CONCLUSIES

1. Batterij voorzien van een anode, een kathode en een elektrolyt die tussen de anode en de kathode is opgenomen, met het kenmerk, dat de anode siliciumhoudend is.
- 5 2. Batterij volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de anode in hoofdzaak silicium omvat.
3. Batterij volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat de kathode lithiumhoudend is.
4. Batterij volgens conclusie 3, met het kenmerk,  
10 dat de kathode in hoofdzaak een oxide van een lithiummetaalverbinding omvat, bij voorbeeld  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  of  $\text{LiNiO}_2$ .
5. Batterij volgens een der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de elektrolyt een vaste stof elektrolyt of een in een polymeer opgenomen vloeibare elektrolyt is.
- 15 6. Batterij volgens een der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat deze is gevormd op een halfgeleidersubstraat, bijvoorbeeld een siliciumsubstraat.
7. Batterij volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat het halfgeleidersubstraat is uitgevoerd met daarin opgenomen elektronische schakelingen voor beveiliging en/of rege-  
20 ling van de batterij.
8. Batterij volgens een der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat deze is gecompleteerd met een zonnecel.
9. Batterij volgens conclusie 8, met het kenmerk,  
25 dat de zonnecel in siliciumtechniek is uitgevoerd.
10. Batterij volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat in het lichtvangend oppervlak van de zonnecel microscopisch kleine putten zijn aangebracht.
11. Werkwijze voor het vervaardigen van een batterij  
30 volgens een der conclusies 1-10, gekenmerkt door de volgende stappen:
  - a) doteren van een siliciumsubstraat met een ladingdragerverhogend materiaal, bij voorkeur borium, fosfor of arsenicum;
  - 35 b) etsen van de gedoteerde laag van het siliciumsubstraat voor het verhogen van de porositeit daarvan;



c) op de na de stappen a) en b) verkregen anode aanbrengen van een kathode gevormd door een oxide van een lithiummetaalverbinding waarop, aan een naar de anode gerichte zijde, een elektrolyt is aangebracht.

5            12. Werkwijze volgens conclusie 11, met het kenmerk, dat de elektrolyt in vaste vorm of in een pasteuze massa van een polymeer waarin de elektrolyt is opgenomen, op de kathode wordt aangebracht.

10           13. Werkwijze volgens conclusie 11 of 12, met het kenmerk, dat het oxide van de kathode voor het uitvoeren van stap c) is aangebracht op een siliciumzonnecel.

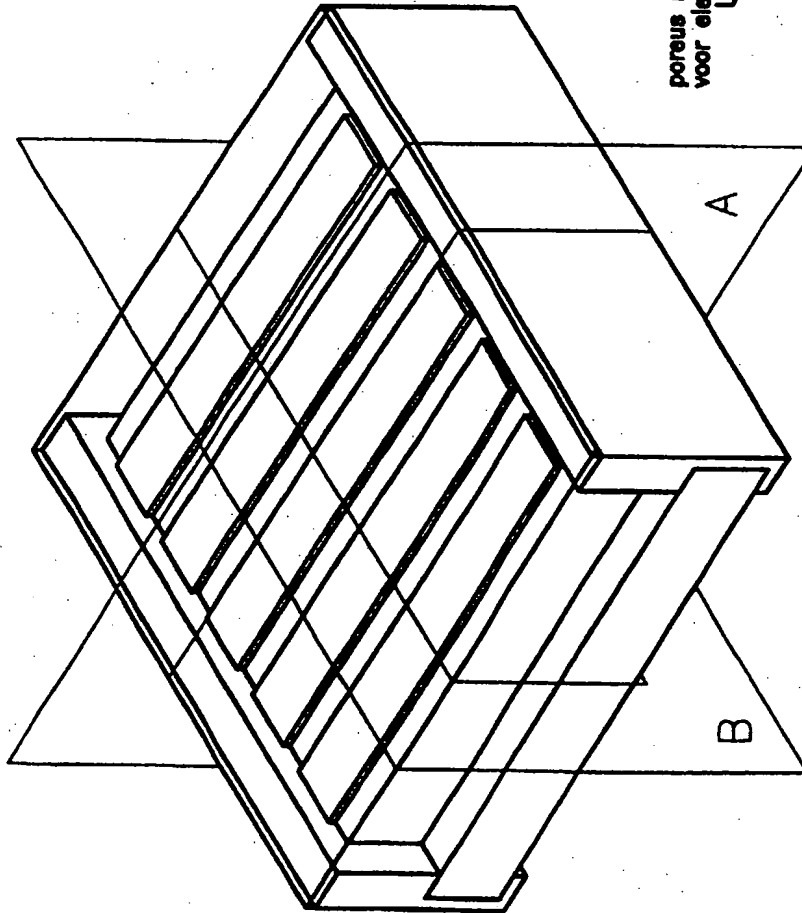


Fig. 1a

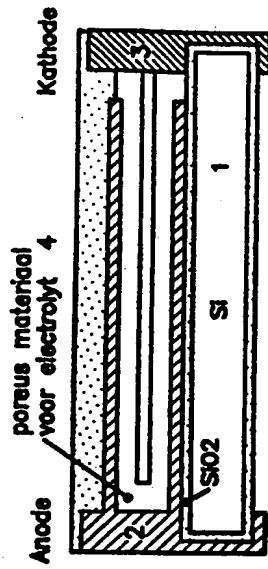


Fig. 1b

doorsnede over vlak A

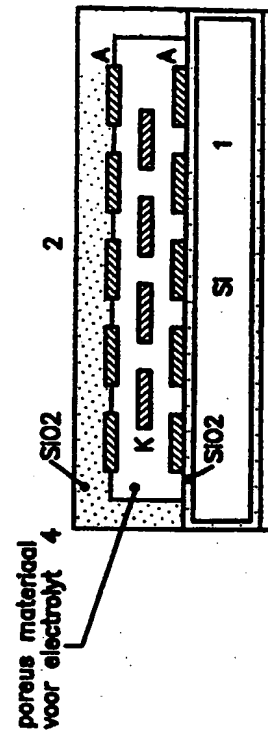
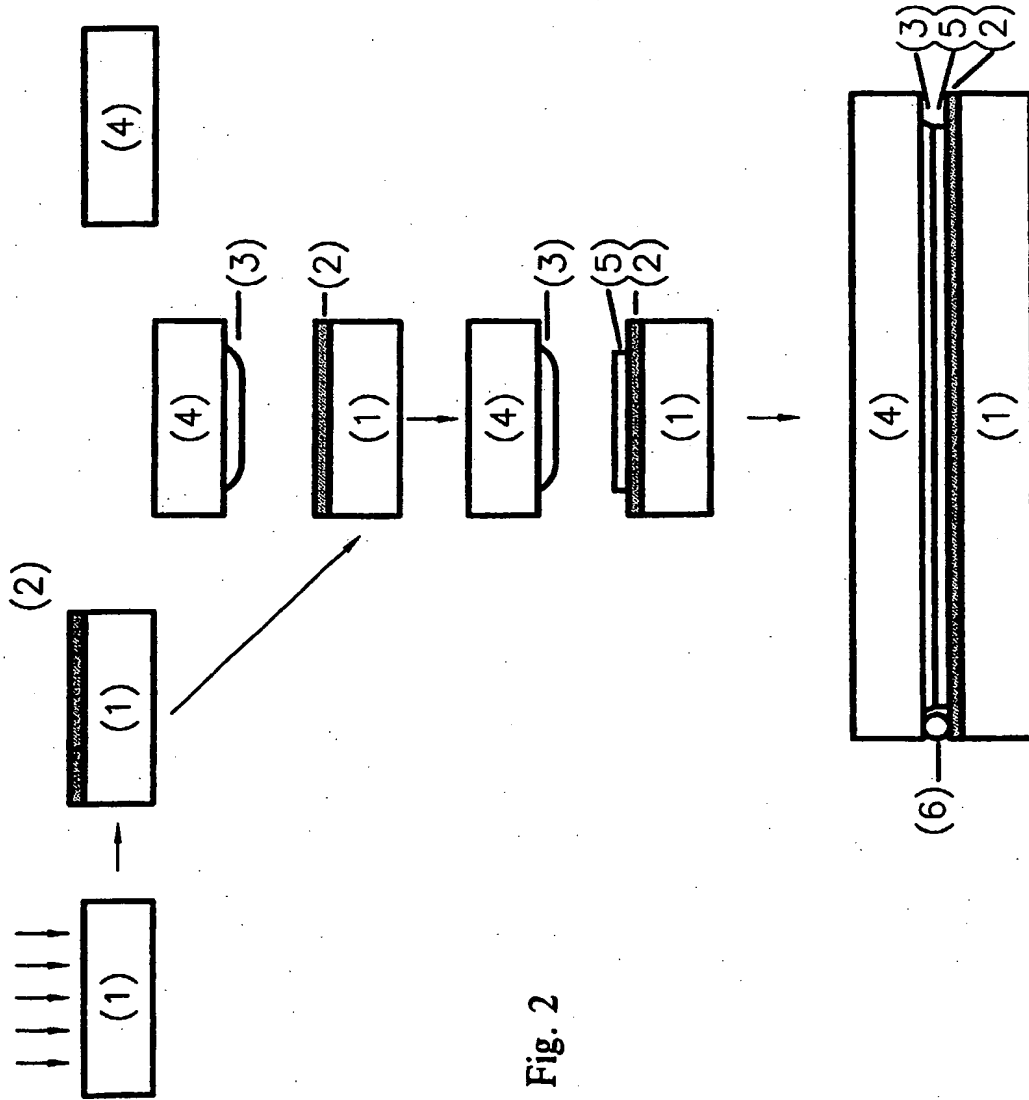


Fig. 1c

doorsnede over vlak B



**Fig. 2**

NL1015856C

Battery and method for producing a battery of this type

The invention relates firstly to a battery which is provided with an anode, a cathode and an electrolyte which is enclosed between the anode and the cathode. A battery of this type is well known.

The invention also relates to a method for producing a battery of this type. The known battery is designed, for example, with a liquid electrolyte and electrodes made from copper and lead. A battery of this type is heavy and unsuitable for use in equipment for mobile use, such as mobile telephones, portable radios and the like. Moreover, it has environmental drawbacks. Another known battery which is subject to environmental drawbacks is the nickel-cadmium battery.

It is an object of the invention to provide a battery and a method for producing it in which these environmental drawbacks are overcome and which battery, moreover, is very suitable for use with all kinds of indoor and outdoor equipment.

In a first aspect, the battery according to the invention is characterized in that the anode contains silicon. By way of example, silicon carbide or another semiconductor-based material which is electrically conductive can be used for the anode. In this context, it is preferable for the anode to substantially comprise silicon.

The battery can preferably be realized in a suitable way in an embodiment in which the cathode contains lithium. For this purpose, it is preferable to use a cathode which substantially comprises an oxide of a lithium metal compound, for example  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  or  $\text{LiNiO}_2$ .

The invention is also embodied by a method for

producing this battery, which is characterized by the following steps:

- a) doping a silicon substrate with a charge-carrier-increasing material, for example boron, phosphorus or arsenic;
- b) etching the doped layer of the silicon substrate in order to increase its porosity;
- c) applying a cathode formed by an oxide of a lithium metal compound to the anode obtained after step a) and b), with an electrolyte applied to a side of the cathode which faces the anode.

In this context, it is desirable for the battery to be designed in such a way that the electrolyte is a solid-state electrolyte or a liquid electrolyte enclosed in a polymer.

Furthermore, it is desirable for the battery to be formed on a semiconductor substrate, for example a silicon substrate. This offers the advantage that the substrate may be designed with electronic circuits incorporated therein for protecting and/or controlling the battery.

Furthermore, it is advantageous if the battery is completed by a solar cell. In this way, the battery, if the light conditions are sufficient, can be automatically recharged, this being under the control of the electronic circuits incorporated in the semiconductor substrate. A battery having a solar cell of this type is preferably designed in silicon technology and is preferably produced in such a way that the oxide of the cathode, in order for step c) to be carried out, is arranged on a silicon solar cell.

35

The assembly of battery and solar cell may be of very flat design, for example with a thickness of less than 1 mm. This makes an assembly of battery and solar cell of this type very suitable for use in portable

equipment, such as for example mobile telephones.

To optimize the efficiency of the solar cell, it is also desirable for microscopically small pits to be formed in the light-trapping surface of the solar cell.

The invention will now be explained in more detail with reference to the drawing, in which:

Fig. 1A to 1C show the battery according to the invention, respectively in the form of a perspective view, a cross-sectional view on line A-A' in Fig. 1A and in cross section on line B-B' in Fig. 1A; and Fig. 2 diagrammatically depicts the steps involved in producing a battery according to the invention.

Fig. 1A to 1C show the battery according to the invention which is provided with an anode 2 and a cathode 3, which can be applied to a semiconductor substrate 1, preferably made from silicon, using thin-film or thick-film technology. An electrolyte 4 is arranged between the anode 2 and the cathode 3. This electrolyte 4 may comprise a solid-state electrolyte layer or a porous layer in which a liquid electrolyte is enclosed. The use of the semiconductor substrate 1 allows an electronic circuit to be incorporated therein to protect and/or control the battery. In the case shown, incidentally, the battery is combined with a silicon wafer, with a layer of insulating silicon oxide having been applied to the silicon wafer. However, this is not the only possible embodiment. It is also possible for the silicon wafer itself to function as anode or cathode. For electrical contact between the electrodes of the battery and the circuit which is incorporated in the silicon substrate, it is possible to use thin or thick film tracks, which are known per se, or if necessary tracks which have been diffused or doped into the substrate. It is preferable for the battery to be designed with a silicon-containing anode, for example an anode made from silicon carbide.

However, it is preferable for the anode to substantially comprise silicon. It is preferable for a lithium-containing material to be used for the cathode, preferably an oxide of a lithium metal compound, such as  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  or  $\text{LiNiO}_2$ .

An alternative embodiment of the battery will be explained below on the basis of a method for producing a battery of this type, as proposed by the invention. In this context, reference is made to Fig. 2.

In Fig. 2, reference numeral 1 indicates a silicon substrate, the top surface of which is doped with preferably one of the elements boron, phosphorus or arsenic. This upper surface 2 is then processed using an electrochemical etching method known per se to obtain a certain porosity. The top layer of the substrate 1 formed in this way will act as the anode for the battery and is coupled to electronics previously incorporated in the substrate 1 with the aid of interconnects used for that purpose. The present battery may also be combined with a solar cell 4. For this purpose, cathode material 3 is applied to the underside of the solar cell 4. This cathode material is an oxide of lithium in combination with a transition metal, for example  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  or  $\text{LiNiO}_2$ . This material is applied as a paste to the bottom side of the solar cell 4. Before the solar cell 4 with the cathode 3 arranged thereon is mounted on the substrate 1, an electrolyte 5, for example a solid electrolyte or a polymer enclosing electrolyte material, is placed on top of the anode-forming top layer 2 of the substrate 1. On account of the positioning of the solar cell 4, the paste of the cathode material 3 can then spread in the width direct so as to produce uniform contact with the electrolyte 5, while this electrolyte 5 can in part also penetrate into the pores in the anode 2. Small balls of tin 6 can be used to electrically connect the solar cell 4 to the substrate 1 or the battery itself.

The solar cell 4 used may be a solar cell which has been produced using standard semiconductor IC techniques. The light-trapping surface of the solar cell 4 may preferably be provided with a multiplicity  
5 of miniscule pits of a size of approximately 1 to 3  $\mu\text{m}$ , which are formed by means of an electrochemical etching process. This significantly increases the effective light-trapping surface area, which is of benefit to the efficiency of the solar cell 4. On account of the fact  
10 that the solar cell is produced using semiconductor silicon technology, moreover, the silicon oxide layer has a lens effect on the outer side, increasing the light-trapping capacity of the solar call.

15 It will be clear to the person skilled in the art that the explanation given above is merely one example and should not be considered as representing any restriction with regard to the exclusive rights granted by the invention. The scope of protection covered by  
20 the invention is defined exclusively by the claims which follow.



**CLAIMS**

1. Battery provided with an anode, a cathode and an electrolyte which is enclosed between the anode and the cathode, characterized in that the anode contains silicon.
2. Battery according to Claim 1, characterized in that the anode substantially comprises silicon.
3. Battery according to Claim 1 or 2, characterized in that the cathode contains lithium.
4. Battery according to Claim 3, characterized in that the cathode substantially comprises an oxide of a lithium metal compound, for example  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  or  $\text{LiNiO}_2$ .
5. Battery according to one of the preceding claims, characterized in that the electrolyte is a solid-state electrolyte or a liquid electrolyte enclosed in a polymer.
6. Battery according to one of the preceding claims, characterized in that it is formed on a semiconductor substrate, for example a silicon substrate.
7. Battery according to Claim 6, characterized in that the semiconductor substrate is designed with electronic circuits incorporated in it to protect and/or control the battery.
8. Battery according to one of the preceding claims, characterized in that it is completed by a solar cell.
9. Battery according to Claim 8, characterized in that the solar cell is designed in silicon technology.
10. Battery according to Claim 9, characterized in

that microscopically small pits are formed in the light-capturing surface of the solar cell.

11. Method for producing a battery according to one of  
5 Claims 1-10, characterized by the following steps:

a) doping a silicon substrate with a charge-carrier-increasing material, for example boron, phosphorus or arsenic;

10 b) etching the doped layer of the silicon substrate in order to increase its porosity;

c) applying a cathode formed by an oxide of a lithium metal compound to the anode obtained after step a) and b), with an electrolyte applied to a side of the cathode which faces the anode.

15

12. Method according to Claim 11, characterized in that the electrolyte is applied to the cathode in solid form or in a pasty material of a polymer in which the electrolyte is enclosed.

20

13. Method according to Claim 11 or 12, characterized in that the oxide of the cathode, to carry out step c), is arranged on a silicon solar cell.

## **Abstract**

### **Battery and metal for producing a battery of this type**

The invention relates to an anode, a cathode and an electrolyte which is enclosed between the anode and the cathodes. The anode contains silicon and substantially comprises silicon. The cathode contains lithium and substantially comprises an oxide of a lithium metal compound, for example  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  or  $\text{LiNiO}_2$ . The electrolyte is a solid-state electrolyte or a liquid electrolyte enclosed in a polymer.

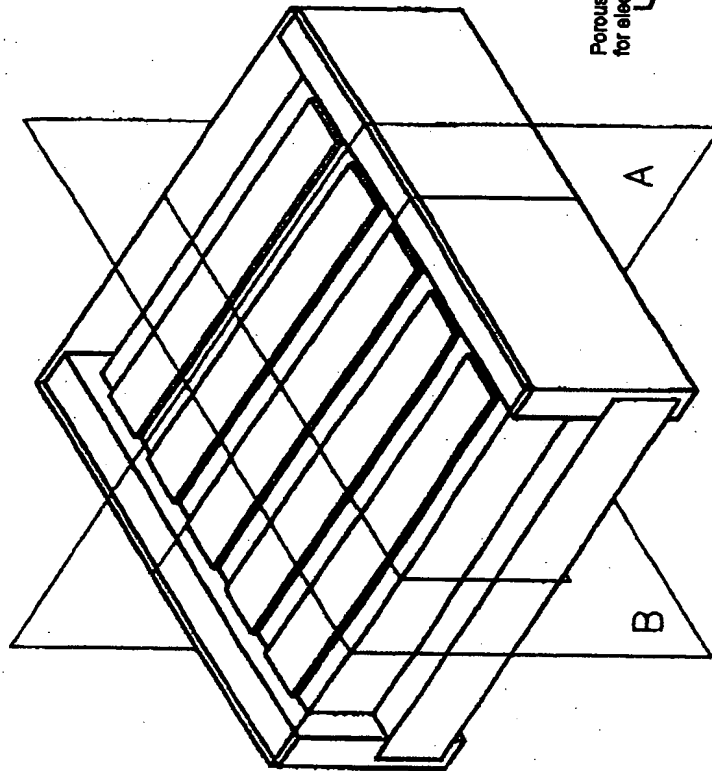


Fig. 1a

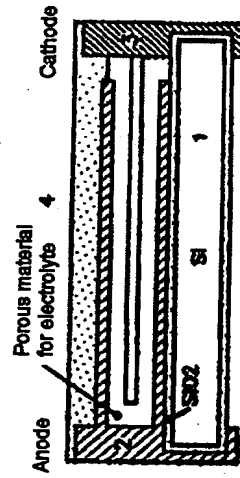


Fig. 1b

Cross section on plane A

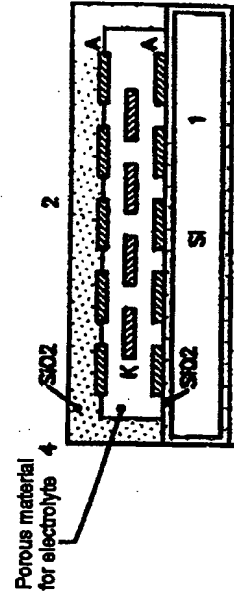


Fig. 1c

Cross section on plane B

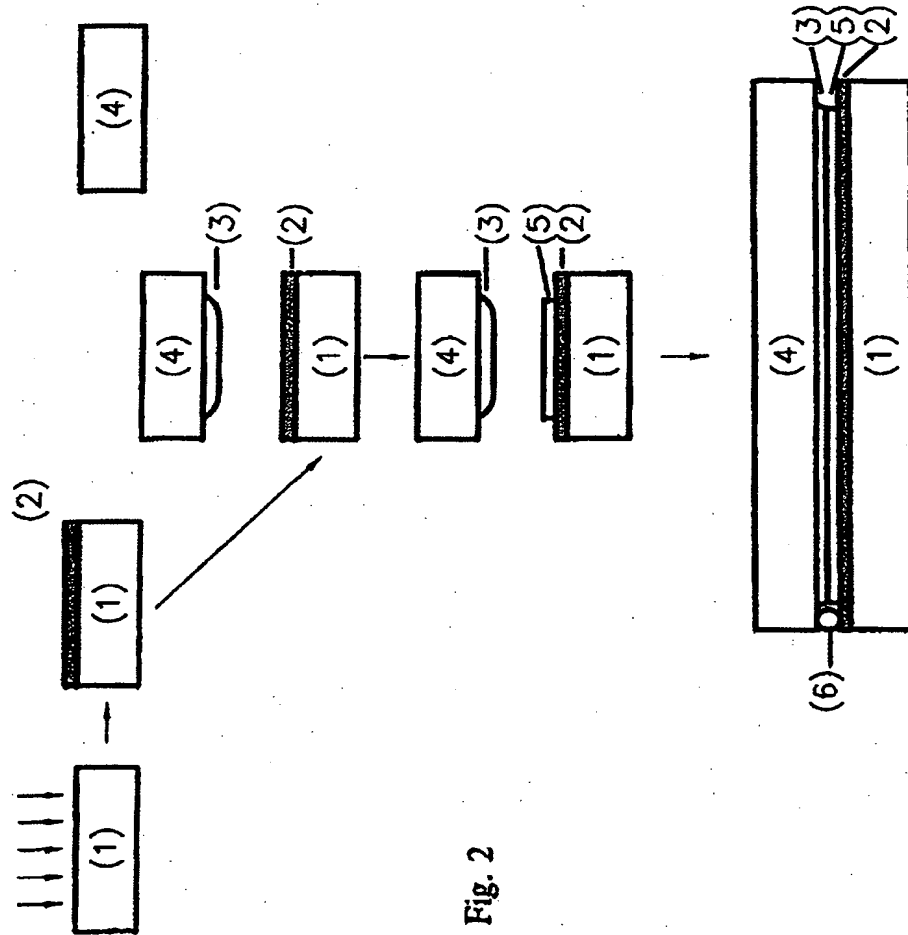


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**